
Architectural Acoustics - Room and Building Acoustics: FIA2016-51

Intervenients in floating floors execution process and its reflects on acoustic performance

Cândida Maciel^(a), Ludmila Correia^(b), Fabiana Curado^(c), Dionyzio Klavdianos^(d)

^(a) Síntese Acústica Arquetônica, Brazil, candida@sintsearquitetura.com.br

^(b) Universidade de Brasília / Centro Universitário de Brasília, Brazil, ludmila.correia@gmail.com

^(c) Síntese Acústica Arquetônica, Brazil, fabiana@sintsearquitetura.com.br

^(d) Sindicato da Construção de Brasília, Brazil, dionyzio@itebra.com.br

Abstract

With all the demands taken place after the implementation of ABNT NBR 15.575/2013, the Brazil undergoes a new stage on the execution of residential buildings. However, it cannot be always perceived that the labour force has adapted to this new reality and, on what concerns acoustic aspects, those difficulties are fairly evident. The lack of qualification of the labour force in an acoustic solution can interfere directly in the quality of specific systems, as it is clearly observed in the noise attenuation of flooring with disconnection overlays. With the aim to identify and assess the intervenient variables in the process of the execution of flooring with disconnection overlays, a case study was undertaken in five construction sites, with the assembling of three different flooring systems. Subsequently, it was measured the weighted noise pressure levels of standardized impact for each of the systems built, according to the norms procedures ISO 140-7 and 717-2. The obtained outcome was compared to the performance expectations released by the overlays producers. Discrepancy was noticed in the performance of the same overlay installed in different construction sites; also many outcomes did not reach the expected result as their producers'. The detailed analysis of the overlay installation process allowed the identification of labour flaws as the main source of attainment loss. It was also observed that the executive details were not adequately followed, due to the procedures adopted on the constructive process management. The work undertaken shows the importance of labour capacitation and the attention to the constructive process stages to reach the desired acoustic outcomes, therefore contributing to the improvement of the flooring systems installation.

Keywords: Floating floors, Noise attenuation, Impact noise, Experimental results

Intervenientes no processo de execução de pisos flutuantes e seus reflexos no desempenho acústico

1 Introdução

A partir dos anos 1980, com a publicação da norma ISO 6241 – Performance standards in buildings, intensifica-se mundialmente a preocupação com o desempenho de edificações, considerando especialmente os requisitos de segurança, habitabilidade e sustentabilidade [1]. Neste período no Brasil, a única referência para edifícios residenciais era a ABNT NBR 10.152:1987 que buscava estabelecer níveis de ruído máximo admissíveis no interior dos ambientes, conforme o tipo de uso, mas seus requisitos na maioria das vezes não eram atendidos pelos construtores. Apenas com a NBR 15.575 – Edificações Habitacionais – Desempenho, publicada em 2013, esses níveis admissíveis passaram a ser efetivamente considerados, ao estabelecer-se requisitos mínimos a serem atendidos pelos sistemas de piso, vedações verticais e cobertura das edificações. Como a norma tem caráter obrigatório, o mercado da construção finalmente se viu obrigado a buscar soluções que, minimamente, atendessem à habitabilidade da construção.

Especificamente em relação aos sistemas de piso, a NBR 15.575 apresenta requisitos diferenciados para ruídos aéreos – propagados pelo ar, como a voz humana – e ruídos de impacto – propagados a partir de impacto em um corpo sólido, como a laje e a estrutura. Os sons gerados por impacto nos pisos ocorrem porque a laje se torna um “irradiador de energia sonora em ampla faixa de frequências” [2], dado o movimento vibratório produzido pelo impacto.

Para avaliação de desempenho acústico do ruído de impacto de um sistema de piso de uma edificação multipavimentos pela NBR 15.575, é necessária a determinação do Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado Ponderado ($L'_{nT,w}$). Esse nível de pressão sonora representa a queda de objetos, a movimentação de pessoas ou de móveis, entre outros, percebido entre unidades de pavimentos sequenciais.

O Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado Ponderado ($L'_{nT,w}$) é determinado a partir do nível de pressão sonora no recinto receptor que é resultado das transmissões diretas, decorrentes da vibração da própria laje de piso/teto; e das transmissões marginais, decorrentes da vibração das vedações verticais que estão em contato com a laje.

A laje de piso da unidade superior é impactada de forma padronizada pela máquina *Tapping Machine*, a qual visa simular a geração de ruído do caminhar de pessoas e a queda de objetos e sua transmissão para o pavimento inferior.

Devido às novas exigências acústicas advindas da norma de desempenho NBR 15.575, é crescente no Brasil a procura por soluções de atenuação sonora referente a ruído de impacto de pisos, dentre as quais a utilização de mantas resilientes como desconectores de vibração de pisos. Uma das principais preocupações do setor é analisar a performance das mantas e verificar se os resultados aferidos *in loco* correspondem às expectativas. Por estas razões, o

Sindicato da Construção Civil e a Associação de Empresas do Mercado Imobiliário do Distrito Federal (DF) elaborou um estudo da aplicação de diferentes tipos de mantas instaladas pela mão de obra local em diferentes obras, com sistemas construtivos mais utilizados no DF.

Para verificação de desempenho das mantas e do serviço de execução foram realizados vários ensaios em uma mesma obra, em ambientes idênticos de diferentes pavimentos. Assim, se comparou o resultado obtido no sistema tradicional, sem manta de desconexão, com o resultado obtido com a instalação dos sistemas de desconexão. Este artigo tem por objetivo analisar o resultados obtidos e avaliar as interferência do processo de execuções nestes resultados.

2 Metodologia

Foram ensaiadas cinco obras diferentes, e na mesma obra, foram ensaiados em dormitórios idênticos, localizadas em pavimentos ou posições distintas. Em todas as obras os vãos de portas e janelas dos ambientes emissores e receptores foram fechados com painéis em madeira e gesso, completamente vedados para evitar transmissões de ruído aéreo.

Os procedimentos de medição foram realizados conforme a ISO 140-7 e 717-2, nos anos de 2013 e 2014. Com o objetivo de permanecer com os mesmos procedimentos de ensaios, optou-se por não alterar os procedimentos de medição sonora pela norma substitutiva ISO 16283: 2014 *Acoustics – Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation*.

Tendo em vista que a instalação de mantas de tratamento acústico não é atualmente uma prática comum na construção civil brasileira, houve a preocupação em orientar a instalação das mantas nas diferentes obras. Entretanto, nem sempre foi possível acompanhar todo o processo de instalação, principalmente a execução do contrapiso.

2.1 Objetos de estudo

Em cada uma das obras ensaiadas foram analisados quatro dos os seguintes sistemas de contrapiso, sendo que o sistema tradicional sempre foi analisado como o parâmetro de comparação de desempenho das mantas:

L1 - Contrapiso tradicional sem nenhuma desconexão de vibração.

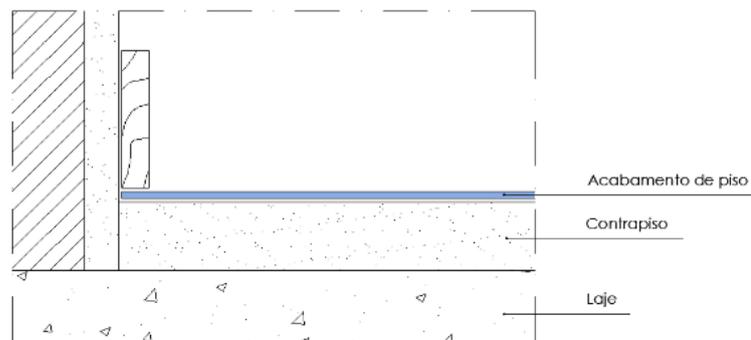


Figura 1: Detalhe esquemático do sistema L1

L2 - Manta de 5mm de pneu reciclado instalado em cima do contrapiso. Expectativa de ΔL_w de 8dB.

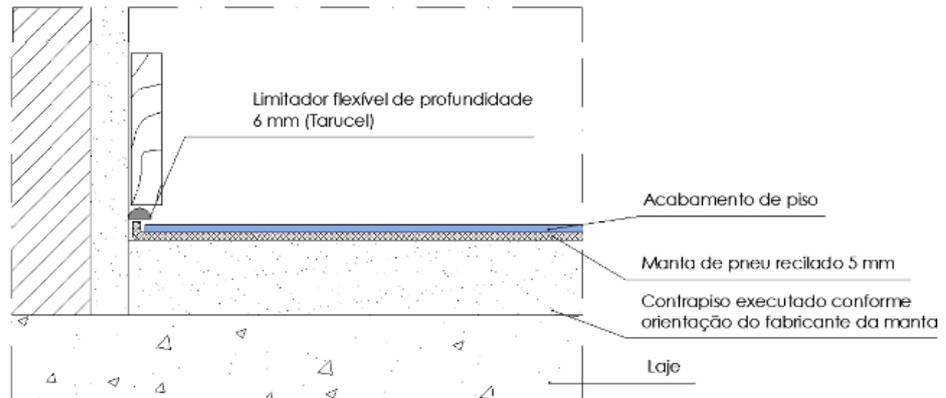


Figura 2: Detalhe esquemático do sistema L2

L3 - Com o uso de manta de 8mm de pneu reciclado instalado abaixo do contrapiso. Expectativa de ΔL_w de 15dB;

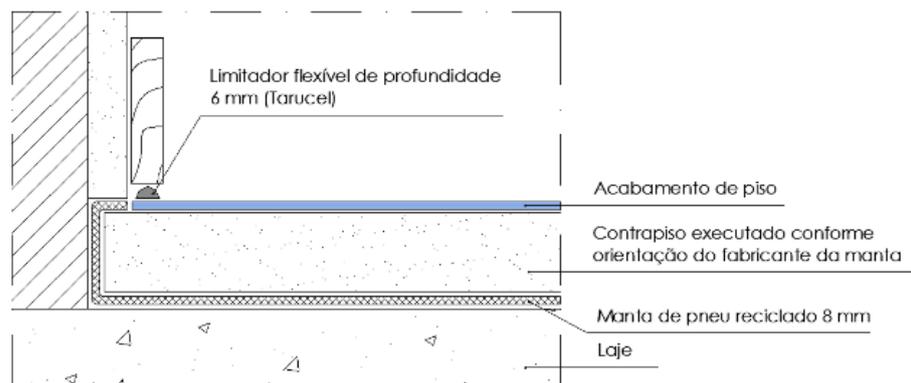


Figura 3: Esquema de posicionamento das mantas nos sistemas L3

L4a - Com o uso de manta de 5mm de polietileno expandido instalado abaixo do contrapiso. Expectativa de ΔL_w de 10dB;

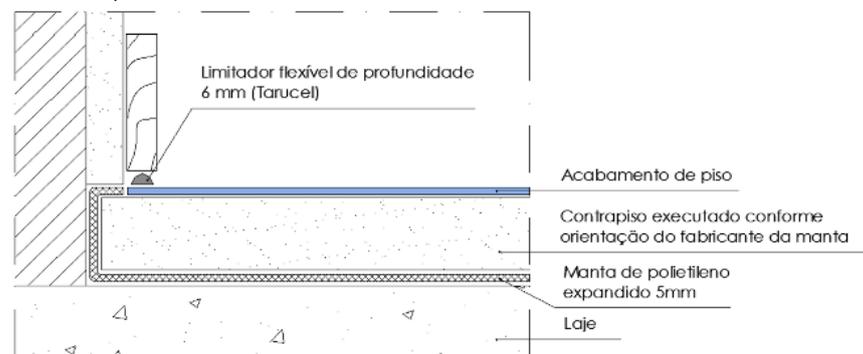


Figura 4: Esquema de posicionamento das mantas nos sistemas L4

L4b - Com o uso de manta de 5mm de polietileno expandido com o uso de pads instalado abaixo do contrapiso. Expectativa de ΔL_w de 15dB

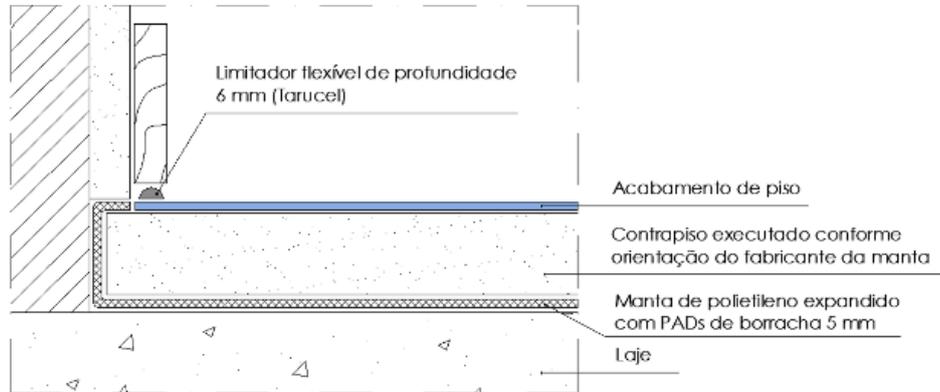


Figura 5: Sistemas L4b – Laje com manta de desconexão de contrapiso em polietileno expandido com PAD de borracha (e= 5mm)



Figura 6: Limpeza da laje e aplicação de adesivo para instalação do sistema L2



Figura 7: Colocação da manta de desconexão no sistema L3



Figura 8: Colocação da manta de desconexão nos sistemas L4b e L4a

Abaixo seguem as descrições dos sistemas construtivos executados em cada uma das obras ensaiadas, bem como os sistemas de contrapiso analisados em cada obra.

2.1.1 Sistema A: Laje Maciça de 10cm de espessura

Ambiente com área total de 7,85m² e pé-direito de 2,57m. Estrutura em laje maciça em concreto armado e espessura de 10cm com contrapiso de 2,5 a 3cm. No pavimento abaixo não foi instalado forro. Alvenaria estrutural em bloco de concreto de 14cm de espessura. Foram analisados os sistemas: L1, L2, L3 e L4a.

2.1.2 Sistema B: Laje Nervurada

Ambiente com área total de 12m² e pé direito de 2,55m. Estrutura em laje nervurada em concreto armado com mesa de 5cm, vigota de 15cm e espessura total de 20cm, com contrapiso de 2,5 a 3cm. No pavimento abaixo foi instalado forro em gesso placa. Alvenaria em bloco de concreto de 9cm e 14cm. Foram analisados os sistemas: L1, L2, L3 e L4a.

2.1.3 Sistema C: Laje Maciça de 15cm de espessura

Ambiente com área total de 7,64m² e pé-direito de 2,75m. Estrutura em laje maciça em concreto armado com espessura de 15cm com contrapiso de 3,5 a 4cm. No pavimento abaixo não foi instalado forro. Alvenaria em bloco de cerâmico de 9cm e 14cm de espessura. Foram analisados os sistemas: L1, L2, L3 e L4b.

2.1.4 Sistema D1: Laje de Concreto protendido de 18cm sem forro

Ambiente com área total de 9,22m² e pé-direito de 2,59m. Estrutura em laje maciça em concreto protendido espessura de 18cm com contrapiso de 2,5 a 3cm. No pavimento abaixo não foi instalado forro. Alvenaria em bloco cerâmico de 9cm e 12cm de espessura. Foram analisados os sistemas: L1, L2, L3 e L4a.

2.1.5 Sistema D2: Laje de Concreto protendido de 18cm sem forro

Ambiente com área total de 9,22m² e pé-direito de 2,59m. Estrutura em laje maciça em concreto protendido espessura de 18cm com contrapiso de 2,5 a 3cm. No pavimento abaixo

não foi instalado forro. Alvenaria em bloco cerâmico de 9cm e 12cm de espessura. Foram analisados os sistemas: L1, L2, L3 e L4b.

2.2 Procedimentos de medições

As medições foram realizadas de acordo com o especificado na Norma ISO 140-7. A Tapping Machine foi colocada em um recinto no pavimento superior, denominado ambiente emissor. No recinto imediatamente abaixo, chamado ambiente receptor, foram aferidos os níveis de pressão sonora. De acordo com o solicitado pela norma ISO 140-7, também foram aferidos o nível sonoro residual e o tempo de reverberação do recinto receptor. O método utilizado para a medição de tempo de reverberação foi o de fonte impulsiva, de acordo com a ISO 3382-2.

O nível sonoro residual indica se há necessidade de se aplicar correções nos níveis medidos durante a emissão do ruído de impacto. A partir dos valores do nível de pressão sonora e do tempo de reverberação, foram obtidos os valores do Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado, L'_{nT} .

As aferições foram realizadas com a máquina em quatro posições diferentes no ambiente emissor. Para cada posição da Tapping Machine, foram determinadas outras quatro do microfone no ambiente receptor, resultando em 16 pontos de medição. As aferições foram realizadas utilizando-se tanto bandas de oitava quanto bandas de terça de oitava. Os dois tipos de medição são aceitos pela ISO 140-7. As aferições realizadas foram feitas em bandas de oitava nas frequências de 63Hz a 4000Hz, e as medições realizadas em 2015 foram feitas em terça de bandas de oitava nas frequências de 50Hz a 5.000Hz. Posteriormente, conforme determinado pela ISO 717-2, os valores de L'_{nT} de cada medição foram ponderados em um único resultado, obtendo-se o Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado Ponderado ($L'_{nT,w}$).

2.3 Equipamentos utilizados

Foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Sonômetro: Blue solo, fabricante 01dB, classe 01, número de série: 61538. Certificado de calibração RBV3-8127-430 e RBC3-8893-643.
- Calibrador de nível sonoro: Cal 21, fabricante 01dB, número de série: 50241538 (2004). Certificado de calibração RBC2-8123-628 e RBC2-8894-423.
- Máquina de impacto padronizado: Tapping Machine MAC 01, fabricante 01dB, número de série: cal 04/01-11/185.

3 Análise dos Resultados Obtidos

3.1 Ruído de Impacto: valores de referência

Os valores de Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado Ponderado, o $L'_{nT,w}$, aferidos foram comparados com os critérios estabelecidos na Norma de Desempenho de Edificações, ABNT NBR 15575/2013. Os valores de referência são apresentados na parte três da Norma: Requisitos para sistema de pisos internos, em três níveis de desempenho: mínimo,

intermediário e superior. A tabela a seguir apresenta os valores de $L'_{nT,w}$ para cada nível de desempenho.

Tabela 1: $L'_{nT,w}$ para cada nível sonoro, um desempenho: mínimo, intermediário e superior.

Elemento construtivo	Desempenho	$L'_{nT,w}$ (dB)
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos	Mínimo	66 a 80
	Intermediário	56 a 65
	Superior	≤ 55

Fonte: ABNT, 2013b

3.2 Análise do desempenho dos resultados

A planilha abaixo apresenta os resultados com os comparativos dos resultados com os diferentes tipos de lajes.

Tabela 2: Resultados das medições

Sistema	Tipo	$L'_{nT,w}$ (dB)	Diferença de nível	Desempenho
A	L1- sem manta	75		Mínimo
	L2 – pneu reciclado 5mm ΔL_w 8	67	8	Mínimo
	L3– pneu reciclado 8mm ΔL_w 15	70	5	Mínimo
	L4a- poliestileno expandido 5mm ΔL_w 10	63	12	Intermediário
B	L1- sem manta	77		Mínimo
	L2 – pneu reciclado 5mm ΔL_w 8	69	8	Mínimo
	L3– pneu reciclado 8mm ΔL_w 15	70	7	Mínimo
	L4a- poliestileno expandido 5mm ΔL_w 10	71	6	Mínimo
C	L1- sem manta	71		Mínimo
	L2 – pneu reciclado 5mm ΔL_w 8	62	9	Intermediário
	L3– pneu reciclado 8mm ΔL_w 15	55	16	Superior
	L4b- poliestileno expandido 5mm com pad ΔL_w 15	55	16	Superior
D1	L1- sem manta	60		Intermediário
	L2 – pneu reciclado 5mm ΔL_w 8	60	-	Intermediário
	L3– pneu reciclado 8mm ΔL_w 15	61	-	Intermediário
	L4a- poliestileno expandido 5mm ΔL_w 10	46	14	Superior
D2	L1- sem manta	70		Mínimo
	L2 – pneu reciclado 5mm ΔL_w 8	62	8	Intermediário
	L3– pneu reciclado 8mm ΔL_w 15	59	8	Intermediário
	L4b- poliestileno expandido 5mm com pad ΔL_w 15	66	4	Mínimo

Inicialmente, esperávamos que as mantas apresentassem uma redução no valor de $L'_{nT,w}$ satisfatória e similar nas diferentes obras. Essa similaridade não ocorreu nas três primeiras

obras ensaiadas: A, B e D1, havendo casos em que não ocorreu nenhuma redução. Resgatamos o processo e identificamos algumas falhas na instalação das mantas de desconexão. Por exemplo, a equipe de produção de uma das obras nos informou que havia inserido nata de cimento sobre a manta para melhorar a aderência do contrapiso. Tal ação altera as características das mantas e impacta negativamente no desempenho acústico do sistema, pois o procedimento adotado enrijeceu a manta perdendo a característica de material resiliente tornando-se, possivelmente, um dos motivos do desempenho acústico insatisfatório.

Para que pudéssemos ratificar com segurança os resultados, aumentou-se o número de amostras e solicitou-se aos fabricantes uma vistoria na instalação de cada uma das mantas, procedimento realizado nas obras C e D2.

Na obra C, na qual os rebocos das alvenarias já estavam executados, foi possível vistoriar todo o processo, desde a limpeza e regularização das lajes até a execução do contrapiso. Nessa obra, obtivemos os resultados mais próximos dos anunciados pelos fabricantes. Já na obra D1, nem sempre foi possível acompanhar todo o processo de instalação das mantas por parte dos fabricantes, fazendo com que não se obtivesse a mesma regularidade nos resultados. Além disso houve um tempo grande entre a instalação da manta e a instalação do contrapiso o que pode ter resultado em deslocamento desta, ocasionando rasgos e possivelmente, pontes acústicas.

Outro fato a ser observado é que a manta de desconexão de piso em pneu reciclado com 5mm instaladas sob o contrapiso foi a que apresentou redução no valor de $L'_{nT,w}$ mais constante nas diferentes obras – cerca de 8 dB, em quatro das cinco obras analisadas. Esse resultado foi obtido por tratar-se de manta de desconexão de piso, sendo habitualmente instalada após a execução do reboco, o que evita possibilidades de pontes acústicas.

Observa-se, ainda, que sistemas construtivos com mesma tipologia (D1 e D2) sem tratamento acústico apresentaram resultados diferentes entre si. Isso ocorreu devido às transmissões marginais, às variações de composição de flanco e volumetria dos diferentes ambientes e obras.

4 Conclusões

Neste trabalho foram apresentados diversos resultados de medições acústicas *in situ* resultantes de ensaios de percussão normatizados, onde se verificou falhas nos sistemas de execução das mantas de desconexão. Com exceção da obra C, onde todo sistema de instalação foi acompanhado por técnicos, os resultados em geral foram bem abaixo das expectativas. Com base nos dados levantados, verificamos uma falta de preparação da mão de obra na execução deste tipo de serviço, pois requer uma quantidade grande de critérios na execução para se obter resultados satisfatórios. Falhas como aplicação de nata de cimento sobre o contrapiso e pontes acústicas se tornaram um grande causador dos resultados insatisfatórios. Por se tratar de algo novo na construção civil, a mão de obra e a engenharia deverá se preparar para execução destes serviços para garantir que os valores calculados resultem nos valores medidos.

Agradecimientos

Agradecemos ao Sindicato da Indústria da Construção Civil (SINDUSCON-DF), a Associação de Empresas do Mercado Imobiliário (ADEMI-DF) e a todas as construtoras que nos abriram seus canteiros de obras para realização dos ensaios.

Referências

- [1] ProAcústica, Manual ProAcústica sobre a Norma de Desempenho, São Paulo, 2015
- [2] Bistafa, S. R. Acústica Aplicada ao Controle do Ruído. Editora Blucher, São Paulo (Brasil), 2. edição, 2011.
- [3] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1 a 6
- [4] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16313: Acústica – Terminologia. Rio de Janeiro, 2014.
- [5] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.
- [6] ISO – International Standard. ISO 140-7: Acoustics –Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 4: Field measurements of impact sound insulation of floors. Genebra, 1998.
- [7] ISO – International Standard. ISO 717-2: Acoustics –Rating of sound insulation in buildings and of building elements- Part 2: Impact sound insulation. Genebra, 1996
- [8] ISO – International Standard. ISO 3382-2: Acoustics –Measurement of room acoustic parameters - Part 2: Reverberation time in ordinary rooms. Genebra, 2008